MATEMATIKA ÉRETTSÉGI TÍPUSFELADATOK MEGOLDÁSAI
EMELT SZINT

Trigonometria

A szürkített hátterű feladatrészek nem tartoznak az érintett témakörhöz, azonban szolgálhatnak fontos információval az érintett feladatrészek megoldásához!

1) Igazolja, hogy ha egy háromszög szögeire érvényes az alábbi összefüggés:

$$\sin\alpha : \sin\beta = \cos(\alpha+\gamma) : \cos(\beta+\gamma),$$

akkor a háromszög egyenlő szárú és derékszögű! **(14 pont)**

Megoldás:

Mivel a háromszög szögeinek összege 180°, ezért $\alpha+\gamma=180-\beta$, valamint $\beta+\gamma=180-\alpha$ (1 pont)

és $\cos(180-\beta)=-\cos\beta$, valamint $\cos(180-\alpha)=-\cos\alpha$ (1 pont)

A megadott egyenlőség pontosan akkor teljesül, ha $\sin\alpha:\sin\beta=\cos\beta:\cos\alpha$ (1 pont)

Ebből a $\sin\alpha\cdot\cos\alpha=\sin\beta\cdot\cos\beta$ egyenlőség következik (1 pont)

A kétszeres szög szinuszára vonatkozó azonosságot használva kapjuk, hogy $\sin 2\alpha=\sin 2\beta$ (3 pont)

Egy háromszög bármely szög kétszeresének értéke 0° és 360° közé esik, ezért a fenti egyenlőség két esetben áll fenn: (3 pont)

$2\alpha=2\beta$, vagy $2\alpha+2\beta=180$ (2 pont)

Az első esetben $\alpha=\beta$, a háromszög két szöge egyenlő, tehát a háromszög **egyenlő szárú** (1 pont)

A második esetben $\alpha+\beta=90$, a háromszögben $\gamma=90$, a háromszög **derékszögű** (1 pont)

Összesen: 14 pont

2) Jelölje H a $[0;2\pi[$ intervallumot. Legyen A a H azon x elemeinek halmaza, amelyekre teljesül, hogy $2^{\sin x} > 1$ egyenlőtlenség, és B a H azon részhalmaza, amelynek x elemeire teljesül a $2^{\cos x} < 1$ egyenlőtlenség. Adja meg az A halmazt, B halmazt és az $A \setminus B$ halmazt! (13 pont)

Megoldás:

Az egyenlőtlenségeket írjuk $2^{\sin x} > 2^0$, illetve $2^{\cos x} < 2^0$ alakba (2 pont)
A 2-es alapú exponenciális függvény szigorú monoton nő (1 pont)
ezért $2^{\sin x} > 1$ pontosan akkor teljesül, ha $\sin x > 0$ (1 pont)
ezért $2^{\cos x} < 1$ pontosan akkor teljesül, ha $\cos x < 0$ (1 pont)
Az alaphalmazon a $\sin x > 0$ egyenlőtlenség megoldása $0 < x < \pi$ (2 pont)
azaz $A =]0;\pi[$ (1 pont)

Az alaphalmazon a $\cos x < 0$ egyenlőtlenség megoldása $\frac{\pi}{2} < x < \frac{3\pi}{2}$ (2 pont)

azaz $B = \left]\frac{\pi}{2};\frac{3\pi}{2}\right[$ (1 pont)

Mindezek alapján $A \setminus B = \left]0;\frac{\pi}{2}\right]$ (2 pont)

Összesen: 13 pont

3) Az $\underline{a}$ és $\underline{b}$ vektor koordinátái a t valós paraméter függvényében:
$\underline{a}(\cos t;\sin t)$ és $\underline{b}(\sin^2 t;\cos^2 t)$

a) Adja meg $\underline{a}$ és $\underline{b}$ vektorok koordinátáinak pontos érékét, ha t az $\frac{5\pi}{6}$ számot jelöli! (2 pont)

b) Mekkora az $\underline{a}$ és $\underline{b}$ vektorok hajlásszöge $t = \frac{5\pi}{6}$ esetén? (A keresett szöget fokban, egészre kerekítve adja meg!) (5 pont)

c) Határozza meg t olyan valós értékeit, amelyek esetén $\underline{a}$ és $\underline{b}$ vektorok merőlegesek egymásra! (7 pont)

Megoldás:

a) $\underline{a}\left(\cos\frac{5\pi}{6};\sin\frac{5\pi}{6}\right) = \underline{a}\left(-\frac{\sqrt{3}}{2};\frac{1}{2}\right)$ (1 pont)

$\underline{b}\left(\sin^2\frac{5\pi}{6};\cos^2\frac{5\pi}{6}\right) = \underline{b}\left(\frac{1}{4};\frac{3}{4}\right)$ (1 pont)

b) Jelöljük a két vektor által bezárt szöget α-val. A koordinátáival adott vektorok skaláris szorzata kétféleképpen is kiszámítható: $\underline{\boldsymbol{a}}\underline{\boldsymbol{b}} = \left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\cdot\frac{1}{4}+\frac{1}{2}\cdot\frac{3}{4}=\frac{3-\sqrt{3}}{8}$

(1 pont)

illetve $\underline{\boldsymbol{a}}\underline{\boldsymbol{b}} = |\underline{\boldsymbol{a}}||\underline{\boldsymbol{b}}|\cos\alpha$ (1 pont)

Mivel $|\underline{\boldsymbol{a}}| = 1$ és $|\underline{\boldsymbol{b}}| = \sqrt{\frac{10}{16}} = \frac{\sqrt{10}}{4}$ (1 pont)

Ezért $\frac{\sqrt{10}}{4}\cos\alpha = \frac{3-\sqrt{3}}{8}$, ebből $\cos\alpha = \frac{3-\sqrt{3}}{2\sqrt{10}} \approx 0{,}2005$ (1 pont)

Innen $\alpha \approx 78{,}43°$. **Tehát a két vektor ebben az esetben kb. 78°-os szöget zár be.** (1 pont)

c) A két vektor akkor és csak akkor merőlege egymásra, ha $\underline{a}\underline{b} = 0$ (1 pont)

A keresett t ismeretlent a szokásosabb módon x jelöli. Mivel $\underline{\boldsymbol{a}}\underline{\boldsymbol{b}} = \cos x\sin^2 x + \sin x\cos^2 x$, így a $\cos x\sin^2 x + \sin x\cos^2 x = 0$ egyenlet megoldása a feladat. Azonos átalakítással adódik:

$\cos x\sin x(\sin x+\cos x) = 0$ (1 pont)

Ez a szorzat pontosan akkor nulla, ha

$\cos x = 0$ vagy $\sin x = 0$ vagy $\sin x+\cos x = 0$ (1 pont)

(1) $x = \frac{\pi}{2}+n\pi$, ahol $n\in\mathbb{Z}$ vagy (1 pont)

(2) $x = k\pi$, ahol $k\in\mathbb{Z}$ vagy (1 pont)

(3) $\sin x+\cos x = 0$

A (3) alatti egyenletnek nem megoldásai azok az x számok, amelyek koszinusza 0, így az egyenlet megoldáshalmaza azonos a $\mathrm{tg}x = -1$ egyenletével (1 pont)

Azaz $x = \frac{3\pi}{4}+m\pi$, ahol $m\in\mathbb{Z}$

A két vektor tehát pontosan akkor merőleges egymásra, ha $\boldsymbol{t = n\cdot\frac{\pi}{2}}$ vagy

$\boldsymbol{t = \frac{3\pi}{4}+m\pi}$, ahol $\boldsymbol{n,m\in\mathbb{Z}}$ (1 pont)

Összesen: 14 pont

4) Hány $(x;y)$ rendezett valós számpár megoldása van az alábbi egyenletrendszernek, ha x és y is a $[0;2\pi]$ zárt intervallum elemi?

$$\left.\begin{aligned}\sin x \cdot \cos y &= 0\\ \sin x + \sin^2 y &= \frac{1}{4}\end{aligned}\right\}$$

(16 pont)

Megoldás:

Az (1) egyenletből felhasználva, hogy egy szorzat pontosan akkor 0, ha az egyik tényezője 0, két eset adódik: $\sin x = 0$, $\cos y = 0$ (2 pont)

$\sin x = 0$ eset:
Az egyenletrendszer megoldásaira vonatkozó feltétel miatt 3 x érték tesz eleget az (1) egyenletnek: $x_1 = 0$, $x_2 = \pi$, $x_3 = 2\pi$ (1 pont)

A $\sin x = 0$ feltételt behelyettesítve a (2) egyenletbe: $\sin^2 y = \frac{1}{4}$ (1 pont)

tehát $\sin y = \frac{1}{2}$ (1 pont)

és $\sin y = -\frac{1}{2}$ (1 pont)

a $\sin y = \frac{1}{2}$ egyenletnek két y érték tesz eleget: $y_1 = \frac{\pi}{6}$, $y_2 = \frac{5\pi}{6}$ (1 pont)

a $\sin y = -\frac{1}{2}$ egyenletnek két y érték tesz eleget: $y_3 = \frac{7\pi}{6}$, $y_4 = \frac{11\pi}{6}$ (1 pont)

Így összesen 4 y érték tesz eleget az egyenletrendszernek ebben az esetben (1 pont)

Tehát ebben az esetben $3 \cdot 4 = 12$ darab $(x;y)$ rendezett számpár tesz eleget az egyenletrendszernek (1 pont)

$\cos y = 0$ eset:
Az egyenletrendszer megoldásaira vonatkozó feltétel miatt két y érték tesz eleget az (1) egyenletnek: $y_5 = \frac{\pi}{2}$, $y_6 = \frac{3\pi}{2}$ (1 pont)

Ha $\cos y = 0$, akkor $\sin^2 y = 1$ (1 pont)

Ezt behelyettesítve a (2) egyenletbe: $\sin x = -\frac{3}{4}$ (1 pont)

ami a $[0;2\pi]$ intervallumon két x értékre teljesül $(x_1 \approx 3{,}9897,\ x_2 \approx 5{,}4351)$ (1 pont)

Ebben az esetben $2 \cdot 2 = 4$ rendezett számpár tesz eleget az egyenletrendszernek (1 pont)

A $\sin x = 0$ és a $\cos y = 0$ esetekben különböző számpárokat kaptunk, így összesen $12 + 4 = \mathbf{16}$ rendezett számpár tesz eleget az egyenletrendszernek (1 pont)

Összesen: 16 pont

5) Oldja meg a következő egyenletrendszert, ha x és y valós számok, továbbá $x>0, x\neq 1$ és $y>0, y\neq 1$.

$$\left.\begin{aligned}\log_x y+\log_y x&=2\\ \sin(2x+3y)+\sin(4x+y)&=1\end{aligned}\right\}$$

(13 pont)

Megoldás:

Áttérve azonos alapú logaritmusra: $\log_x y+\frac{1}{\log_x y}=2$ (2 pont)

Mivel egy pozitív számnak és a szám reciprokának összege pontosan akkor 2, ha a szám 1 (2 pont)

ezért $\log_x y=1$ (1 pont)

azaz $x=y$ (1 pont)

Behelyettesítve a második egyenletbe: $2\sin 5x=1$, azaz $\sin 5x=\frac{1}{2}$ (1 pont)

Innen $5x=\frac{\pi}{6}+2k\pi$ (1 pont)

vagy $5x=\frac{5\pi}{6}+2l\pi$ (1 pont)

ahol $k\in\mathbb{N}$ és $l\in\mathbb{N}$ (1 pont)

A megoldások így: $\boldsymbol{x_1=y_1=\frac{\pi}{30}+\frac{2}{5}\cdot k\cdot\pi\ (k\in\mathbb{N})}$ (1 pont)

és $\boldsymbol{x_2=y_2=\frac{\pi}{6}+\frac{2}{5}\cdot l\cdot\pi\ (l\in\mathbb{N})}$ (1 pont)

A kapott értékek kielégítik az egyenletet (1 pont)

Összesen: 13 pont

6) Oldja meg a valós számok halmazán az alábbi egyenletet!

$$\sqrt{\sin^2 x - 4\sin x + 4} + \sqrt{\sin^2 x + 4\sin x + 4} = \sqrt{\sin^2 x + 7\sin x + 12{,}25}$$

(16 pont)

Megoldás:

A gyökök teljes négyzetté állnak:

$\sqrt{(\sin x - 2)^2} + \sqrt{(\sin x + 2)^2} = \sqrt{(\sin x + 3{,}5)^2}$ (2 pont)

Elvégezve a gyökvonást:

$|\sin x - 2| + |\sin x + 2| = |\sin x + 3{,}5|$ (2 pont)

Mivel $-1 \le \sin x \le 1$, ezért

$\left.\begin{array}{l}\sin x + 2 > 0\\ \sin x - 2 < 0\\ \sin x + 3{,}5 > 0\end{array}\right\}$ minden $x \in \mathbb{R}$ esetén (3 pont)

Így az abszolút értékek elhagyása után:

$-\sin x + 2 + \sin x + 2 = \sin x + 3{,}5$ (2 pont)

$\sin x = \frac{1}{2}$ (1 pont)

Innen $x_1 = \frac{\pi}{6} + 2k\pi$ (2 pont)

és $x_2 = \frac{5\pi}{6} + 2k\pi$ (2 pont)

ahol $k \in \mathbb{Z}$ (1 pont)

Ellenőrzés (1 pont)

Összesen: 16 pont

7) Oldja meg az alábbi egyenletrendszert a valós számpárok halmazán!

$$\left.\begin{aligned}\log_x\left(x^2y^3\right)+\log_y\left(x^3y\right)&=9\\ \cos(x+y)+\cos(x-y)&=0\end{aligned}\right\}$$

(16 pont)

Megoldás:

A logaritmus miatt x és y 1-től különböző pozitív számok lehetnek (1 pont)

Az első egyenlet bal oldalát alakítsuk át a logaritmus azonosságát használva:

$\log_x\left(x^2y^3\right)+\log\left(x^3y\right)=2+\log_x y+3\log_y x+1=3+3\left(\log_x y+\log_y x\right)$ (3 pont)

Így az első egyenlet: $\log_x y+\log_y x=2$ (1 pont)

A $\log_x y$ és a $\log_y x$ egymás reciprokai, és összegük 2 (2 pont)

Ez pontosan akkor teljesül, ha mindkettő 1-gyel egyenlő, amiből azt kapjuk, hogy $x=y$ (2 pont)

Beírva a második egyenletbe: $\cos 2x+\cos 0=0$, ahonnan $\cos 2x=-1$ (2 pont)

Ez akkor és csak akkor teljesül, ha $2x=\pi+2k\pi$,

azaz $x=\frac{\pi}{2}+k\pi$, ahol $k\in\mathbb{Z}$ (3 pont)

Összevetve az $x,y>0$ feltétellel, $\boldsymbol{x=y=\frac{\pi}{2}+k\pi}$, $\boldsymbol{k\in\mathbb{N}}$ (2 pont)

Összesen: 16 pont

8) Oldja meg a valós számok halmazán az alábbi egyenletet!

$$\cos 2x+4\sin^2 x-5\sin x-4=0$$

(12 pont)

Megoldás:

$\cos 2x=1-2\sin^2 x$ felhasználásával (2 pont)

a megoldandó egyenlet: $2\sin^2 x-5\sin x-3=0$ (1 pont)

A $\sin x$-re másodfokú egyenlet megoldásai $-\frac{1}{2}$ és 3. (2 pont)

A $\sin x=3$ egyenletnek nincs megoldása, hiszen $\sin x$ maximális értéke 1 (2 pont)

A $\sin x=-\frac{1}{2}$ egyenlet megoldásai:

$\boldsymbol{x=-\frac{\pi}{6}+2k\pi}$, ahol $\boldsymbol{k\in\mathbb{Z}}$ (2 pont)

vagy $\boldsymbol{x=\frac{7\pi}{6}+2n\pi}$, ahol $\boldsymbol{n\in\mathbb{Z}}$ (2 pont)

A kapott számok megoldásai az eredeti egyenletnek. (1 pont)

Összesen: 12 pont

9)

a) Igazolja, hogy a $\left(-\frac{1}{2}\right)$, a 0 és a 3 is gyöke a $2x^3-5x^2-3x=0$ egyenletnek, és az egyenletnek ezeken kívül más valós gyöke nincs! **(5 pont)**

b) Oldja meg az alábbi egyenletet a valós számok halmazán!

$$2\cos^3 x-5\cos^2 x-3\cos x=0$$ **(6 pont)**

c) Mutassa meg, hogy a $2\cdot 8^x+7\cdot 4^x+3\cdot 2^x=0$ egyenletnek nincs valós gyöke! **(5 pont)**

Megoldás:

a) $2x^3-5x^2-3x=x\left(2x^2-5x-3\right)=0$ (1 pont)

Egy szorzat akkor és csak akkor nulla, ha valamelyik tényezője nulla! Az $x=0$ valóban gyök. (1 pont)

A többi gyököt a megmaradt másodfokú egyenletből kapjuk meg:

$2x^2-5x-3=0$ (1 pont)

A két gyök: $-\frac{1}{2}$ **és 3**, azaz a megadott három szám valóban gyöke az eredeti egyenletnek. (1 pont)

Másodfokú egyenletnek legfeljebb két különböző valós gyöke lehet, ezért több gyök nincsen. (1 pont)

b) Vezessünk be új ismeretlent: $y=\cos x$!

A $2y^3-5y^2-3y=0$ egyenletnek keressük a valós gyökeit, melyeket az a) feladatrészből tudhatunk is: $y_1=0$, $y_2=-\frac{1}{2}$, $y_3=3$. (1 pont)

Mivel a $\cos x$ kifejezés értéke -1 és 1 között mozoghat csak, ezért a 3 nem jó megoldás. (1 pont)

A $\cos x=0$ egyenlet megoldása: $x_1=\frac{\pi}{2}+k\pi$, ahol $k\in\mathbb{Z}$ (2 pont)

A $\cos x=-\frac{1}{2}$ egyenlet megoldásai: $x_{2,3}=\pm\frac{2\pi}{3}+2m\pi$, ahol $m\in\mathbb{Z}$ (2 pont)

c) Az egyenlet bal oldalán 2^x kiemelhető:

$2^x\cdot\left(2\cdot 4^x+7\cdot 2^x+3\right)=0$. (1 pont)

Az exponenciális függvény értékkészlete a pozitív valós számok halmaza, így $2^x=0$ nem lehetséges. (1 pont)

Másodfokúra visszavezethető a megmaradt egyenlet:

$2\cdot\left(2^x\right)^2+7\cdot 2^x+3=0$. (1 pont)

$2^x=-3$ vagy $2^x=-\frac{1}{2}$. (1 pont)

Az exponenciális függvény már említett értékkészlete miatt ezek nem valós gyökei, így **valóban nincs megoldása az egyenletnek**. (1 pont)

Összesen: 16 pont

10) Oldja meg a valós számok halmazán az alábbi egyenleteket!

a) $2\sin x - 2\sin^2 x = \cos^2 x$ **(5 pont)**

b) $25^{\lg x} = 5 + 4 \cdot 5^{\lg x}$ **(7 pont)**

Megoldás:

a) Az egyenlet jobb oldalát azonosság alkalmazásával alakítva:

$2\sin x - 2\sin^2 x = 1 - \sin^2 x$. (1 pont)

$\sin^2 x - 2\sin x + 1 = 0$, (1 pont)

Innen $\sin x = 1$, (1 pont)

$\boldsymbol{x = \frac{\pi}{2} + 2k\pi}$, ahol $\boldsymbol{k \in \mathbb{Z}}$. (1 pont)

Ellenőrzés (1 pont)

b) A logaritmus függvény értelmezése miatt $x > 0$. (1 pont)

Mivel $25^{\lg x} = \left(5^{\lg x}\right)^2$, ezért az egyenlet (1 pont)

$\left(5^{\lg x}\right)^2 - 4 \cdot 5^{\lg x} - 5 = 0$ alakban is írható. (1 pont)

Az $5^{\lg x}$-re nézve másodfokú egyenlet megoldásai:

$5^{\lg x} = -1$ és $5^{\lg x} = 5$. (1 pont)

Mivel $5^{\lg x} > 0$, ezért $5^{\lg x} = -1$ nem lehetséges. (1 pont)

Ha $5^{\lg x} = 5$, akkor $\boldsymbol{x = 10}$. (1 pont)

Ellenőrzés (1 pont)

Összesen: 12 pont

11) Oldja meg a valós számok halmazán az alábbi egyenleteket!

a) $\sin x - \cos^2 x = -1$ **(6 pont)**

b) $\left|x - |x|\right| = 2x + 1$ **(7 pont)**

Megoldás:

a) $\cos^2 x = 1 - \sin^2 x$ helyettesítése. (1 pont)

Nullára rendezve: $\sin^2 x + \sin x = 0$. (1 pont)

Szorzattá alakítás után: $\sin x \cdot (\sin x + 1) = 0$. (1 pont)

$\sin x = 0$ pontosan akkor, ha $\boldsymbol{x = k \cdot \pi,\ k \in \mathbb{Z}}$. (1 pont)

$\sin x = -1$ pontosan akkor, ha $\boldsymbol{x = \frac{3\pi}{2} + l \cdot 2\pi,\ l \in \mathbb{Z}}$. (1 pont)

Ellenőrzés. (1 pont)

b) Ha $x \geq 0$, akkor $|x| = x$. (1 pont)

Ekkor $0 = 2x + 1$, ahonnan $x = -\frac{1}{2}$, (1 pont)

de ez $x \geq 0$ miatt nem megoldás. (1 pont)

Ha $x < 0$, akkor $|x| = -x$, (1 pont)

és az egyenlet $|2x| = 2x + 1$. (1 pont)

Mivel $x < 0$ ezért $-2x = 2x + 1$, azaz $\boldsymbol{x = -\frac{1}{4}}$ (1 pont)

Ellenőrzés. (1 pont)

Összesen: 13 pont